

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2004 年 1 月 15 日 (15.01.2004)

PCT

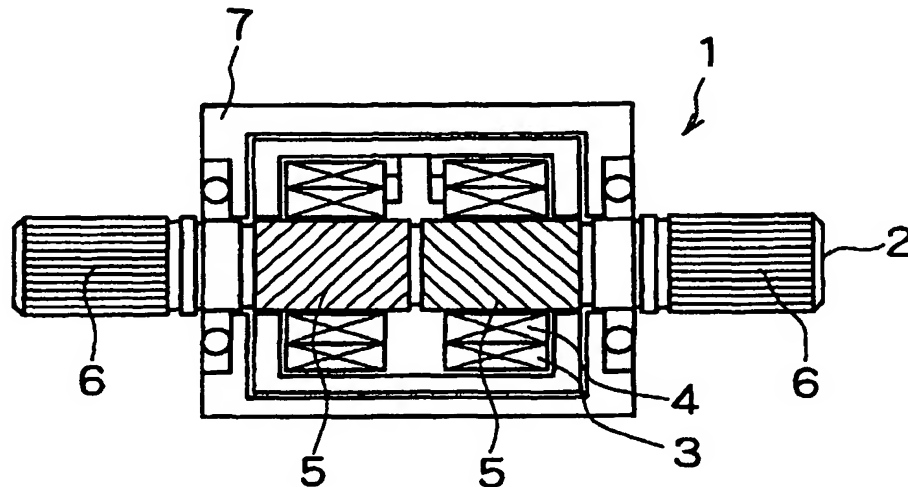
(10) 国際公開番号  
WO 2004/005873 A1

- (51) 国際特許分類<sup>7</sup>: G01L 3/10
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2003/005166
- (22) 国際出願日: 2003 年 4 月 23 日 (23.04.2003)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願2002-194391 2002 年 7 月 3 日 (03.07.2002) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): スズキ株式会社 (SUZUKI MOTOR CORPORATION) [JP/JP]; 〒432-8611 静岡県 浜松市 高塚町 3 0 0 番地 Shizuoka (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 黒田 明浩 (KURODA, Akihiro) [JP/JP]; 〒432-8611 静岡県 浜松市 高塚町 3 0 0 番地 スズキ株式会社内 Shizuoka (JP).
- (74) 代理人: 奥山 尚一, 外 (OKUYAMA, Shoichi et al.); 〒107-0052 東京都 港区 赤坂三丁目 2 番 1 2 号 赤坂ノアビル 8 階 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (広域): ARIPO 特許 (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア特許 (AM,

[続葉有]

(54) Title: MAGNETOSTRICTIVE TORQUE SENSOR SHAFT AND METHOD FOR MANUFACTURING THE SAME

(54) 発明の名称: 磁歪式トルクセンサシャフトおよびその製造方法



(57) Abstract: A torque sensor shaft for a magnetostrictive sensor in which magnetic shield characteristics are enhanced. The magnetostrictive torque sensor shaft (2) which comprises a fitting part (6) of a magnetostrictive detecting section (5) and a power transmitting shaft, wherein the torque sensor shaft (2) contains a magnetostrictive material and a para magnetic layer containing residual austenite is provided on the surface of a range including at least the fitting part (6) at the part excluding the magnetostrictive detecting section (5); and a method for manufacturing it.

(57) 要約: 本発明は、磁歪式トルクセンサ用のトルクセンサシャフトの磁気シールド特性を向上させる。具体的には、磁歪検出部 5 と動力伝達軸との嵌合部 6 とを備えた磁歪式トルクセンサシャフト 2 であって、トルクセンサシャフト 2 が磁歪材料を含み、上記磁歪検出部 5 を除く部分の少なくとも上記嵌合部 6 を含む範囲の表面に、残留オーステナイトを含む常磁性層を備えた磁歪式トルクセンサシャフト 2 とその製造方法を提供する。



AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ特許  
(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB,  
GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR),  
OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW,  
ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

— 補正書・説明書

2 文字コード及び他の略語については、定期発行される  
各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語  
のガイダンスノート」を参照。

## 明細書

## 磁歪式トルクセンサシャフトおよびその製造方法

## 技術分野

- 5 本発明は、逆磁歪効果を利用した磁歪式トルクセンサ用のトルクセンサシャフトに関し、特に、中点出力の変動を低減する磁歪式トルクセンサシャフトに関する。

## 背景技術

- 自動車用のトランスミッションや4WDトルクスプリッタ、電動パワーステアリング(EPS)等では、適切な制御を行うためにトルクを検出する必要がある。例えば、EPSとは、自動車等のハンドルに入力されたトルクに応じて電動モータを制御し、アシスト力を発生させるパワーステアリングシステムであり、その制御にはハンドルに加えられたトルクの検出が必須である。従来、このようなトルクの検出にはトルクセンサ、特に、歪の検出感度が非常に高く、微小な歪の検出が可能な磁歪式トルクセンサが用いられている。磁歪式トルクセンサとして、特開平1-169983号公報、特公平8-31636号公報等が知られている。

- ところが、この磁歪式トルクセンサでは、トルクセンサシャフトの両端にある、他の動力伝達軸と嵌合して動力を伝達するための嵌合部が、トルク検出部品を内包するケースから露出することが避けられない。つまり、トルクセンサシャフトにおいて、トルク検出部位は、磁気シールド機能を有するケースに内包することができるが、嵌合部に関してはこれが難しく、嵌合部は磁氣的に外部に開放された状態にある。このため、トルクセンサ内部の磁力線は外部の影響を受けるという問題があった。特に、構造用鋼等(炭素鋼、クロム鋼、ニッケルクロム鋼、ニッケルクロムモリブデン鋼、マンガン鋼、マンガクロム鋼など)の強磁性体をセンサシャフトに用いる場合、トルクセンサは外部の影響を強く受け、嵌合部に強磁性体を近づける、もしくは嵌合部を他の動力伝達軸と嵌合

すると、トルクセンサ内部の磁力線の分布が変化してしまう。

一般に、トルクセンサは、トルクがゼロのとき出力がゼロになるように、初期状態において、中点が調節されている。しかし、従来、上記のように、トルクセンサシャフトの嵌合部が磁氣的にシールドされていないため、トルクセンサシャフトを他の動力軸と連結したときに、トルクセンサ内部の磁力線の分布が変化し、トルクセンサ出力の中点が変動してしまうという問題があった。

#### 発明の開示

本発明は、上記事情を鑑みてなされたもので、磁歪式トルクセンサ用のトルクセンサシャフトであって、トルク検出の精度および物理的強度を損なわずに、磁氣的にシールドされたトルクセンサシャフトを廉価に提供することを目的とする。

本発明は、磁歪検出部と動力伝達軸との嵌合部とを含む磁歪式トルクセンサシャフトであって、上記トルクセンサシャフトが磁歪材料を含んでなり、上記磁歪検出部を除く少なくとも上記嵌合部の表面に、残留オーステナイトの含有量が10容量%より多い常磁性層を備えた磁歪式トルクセンサシャフトを提供する。なお、前記残留オーステナイトの前記常磁性層中の含有量が50容量%以上であると好ましい。なお、前記常磁性層の厚さが300 $\mu$ m以上であると好ましい。また、好ましくは、前記トルクセンサシャフトが強磁性体を含んでなり、この強磁性体が3重量%～30重量%のNiを含有するとさらに好ましい。

ここで、「磁歪検出部」とは、磁歪式トルクセンサシャフトにおいて、トルクに応じてその磁氣的性質が変化する部位を意味する。例えば、特許第169326号で提案されているように、強磁性体のトルクセンサシャフト表面の軸方向から45°傾けた溝を設けることで、その形状効果によりトルクセンサシャフトに磁気異方性を付与し、その部分の磁氣的性質の変化を検出できるようにすることができる。このような部分を磁歪検出部という。あるいは、特許第2710165号および特許第2965628号で提案されているように、トルクセンサシャフト表面に

磁歪層を付加することで、磁歪検出部を設けることができる。あるいは、特開2002-107240号公報に提案されているように、温度変化に応じて磁性を変化させる材料に、局所的な温度処理を施すことで、磁歪検出部を設けることができる。しかし、本発明にかかる磁歪検出部は、  
5 これらのいずれも含むものであり、かつ、これらの例に限定されるものではない。

また、「嵌合部」とは、磁歪式トルクセンサシャフトにおいて、他の動力伝達軸とトルクセンサシャフトとを連結するための部位を意味する。他の動力伝達軸はステアリングシャフトや、プロペラシャフト、ドライ  
10 ブシャフト等であるが、これらに限定されるものではない。また、嵌合部は、例えば、トルクセンサシャフトにセレーションを施したり、多角形の断面形状とするなりして形成することができる。あるいは、穴と軸を用いた圧入や、フランジを設けたボルト締結とすることで、嵌合部を設けることができる。しかし、本発明にかかる嵌合部は、これらのい  
15 ずれも含むものであり、かつ、これらに限定されるものではない。

また、「磁歪材料」とは、物理的な力を受けることでその透磁率を変化させる特性を持つ金属であり、鉄-アルミニウム系合金や鉄-ニッケル系合金、鉄-コバルト系合金等が利用できるが、これらに限定されるものではない。磁歪材料としては、好ましくは強磁性体である。「強磁性体」  
20 とは、強磁性を有する金属を意味し、炭素鋼、クロム鋼、ニッケルクロム鋼、ニッケルクロムモリブデン鋼、マンガン鋼、マンガンクロム鋼等が利用できるが、これらに限定されるものではない。また、「残留オーステナイト」とは、焼入れされた鉄鋼の中でオーステナイトの一部が未変態のまま残ったものを意味し、残留オーステナイトの含有量（容量%）  
25 は、X線回折による残留オーステナイト相の回折強度を測定すること、あるいは、該鉄鋼の断面を顕微鏡で観察することで測定することができる。

本発明によれば、磁歪式トルクセンサシャフトの嵌合部は、残留オーステナイトを含む常磁性層により覆われ、磁氣的にシールドされ、トル

クセンサ内部の磁力線は外部の影響を受けにくくなる。

また、本発明は、前記トルクセンサシャフトを有する磁歪式トルクセンサを提供する。前記トルクセンサシャフトは、それぞれ適当な励磁手段、検出手段およびシールドケースと組み合わせることで、さらに効果的に磁氣的なシールドができる。

さらに、本発明は、磁歪式トルクセンサシャフトの製造方法を提供する。

すなわち、本発明は、磁歪検出部と他の動力伝達軸との嵌合部とを含む磁歪式トルクセンサシャフトの製造方法であって、上記磁歪検出部を除く少なくとも上記嵌合部の表面に浸炭処理を施すことにより、残留オーステナイトを含む常磁性層を形成する磁歪式トルクセンサシャフトの製造方法を提供する。好ましくは、前記浸炭処理のカーボンポテンシャルは0.8重量%以上である。また、好ましくは、前記浸炭処理に先立って前記磁歪検出部に防炭処理を行い、前記浸炭処理の後に、該防炭処理部を除去することにより磁歪検出部表面に磁歪材料を露出させることができる。

ここで、「浸炭処理」とは、金属の表面に炭素を拡散させる処理を意味する。浸炭処理としては、固体浸炭（木炭）、ガス浸炭、液体浸炭の他、真空浸炭（真空炉を使って浸炭する方法）、プラズマ浸炭（イオン浸炭ともいう）および滴注式浸炭（C-H-O系液状有機剤を炉内に滴下させ、熱分解した炭素を用いる）等が利用できるが、これらに限定されるものではない。特に、ガス浸炭が一般的であり、好ましい。また、「カーボンポテンシャル（CP）」とは、平衡炭素量ともいい、炉内雰囲気浸炭能力を意味し、例えばカーボンポテンシャルが1.2%といえ炭素濃度が1.2%まで浸炭できると定義され、炉内のO<sub>2</sub>ガスとCOガスとカーボンポテンシャルが平衡状態を保つことから、O<sub>2</sub>分圧を測定することで炉内雰囲気を制御することができる。カーボンポテンシャルが高い程、浸炭が強く行われる。

また、「防炭処理」とは、材料に浸炭が起きないように、浸炭処理の前

にあらかじめ材料に施す処理を意味する。防炭処理としては、Cuでのメッキ処理の他、Crメッキや、Niメッキ等が利用できるが、これらに限定されるものではない。また、「防炭処理部」とは、前記防炭処理により、トルクセンサシャフトの磁歪検出部の表面に設けた層を意味する。

- 5 浸炭処理により残留オーステナイトを含む常磁性層を形成することにより、トルクセンサの磁歪検出部を除く少なくとも嵌合部の表面に磁気シールドを容易に設けることができ、さらに、トルクセンサシャフトの材質の選択に自由度ができる。特に、強磁性を有するトルクセンサシャフトの磁歪検出部を除く少なくとも嵌合部に浸炭処理をして常磁性層を
- 10 形成する場合、トルクセンサシャフト本体の表面に新たに層を付加する必要がなくなるので、過大トルクの入力にも耐え得るトルクセンサの製造が可能である。

- また、カーボンポテンシャルを増やすことにより、残留オーステナイトの生成を促し、トルクセンサシャフト本体における高価なNiの使用
- 15 量を減らすことが可能である。さらに、防炭処理をした後に浸炭処理をすることで、必要な部位のみに常磁性層を形成できる。

#### 図面の簡単な説明

図1は、本発明に係る磁歪式トルクセンサの概念図である。

図2は、本発明に係るトルクセンサシャフトの概念図である。

- 20 図3は、本発明にかかるトルクセンサシャフトの、嵌合部における模式的な断面図である。

図4は、残留オーステナイトの量と中点変動の関係を表すグラフである。

- 図5は、Fe-C系合金におけるC含有量と残留オーステナイト生成
- 25 量の関係を表すグラフである。

図6は、Fe-C-Ni系合金におけるNi含有量とC含有量と残留オーステナイト量の関係を表すグラフである。

図7は、本発明に係る浸炭処理の条件を模式的に表す図である。

発明を実施するための最良の形態

以下に、本発明に係る磁歪式トルクセンサの実施の形態の1例を、添付図面を参照しながら説明する。もっとも、以下に挙げる実施の形態は、本発明を限定するものではない。

- 5 図1は本発明に係る磁歪式トルクセンサを概念図的に示した。図2は本発明に係るトルクセンサシャフトを概念図的に示す。

図1および図2に示すように、本発明に係る磁歪式トルクセンサ1は、トルクセンサシャフト2と、励磁用ソレノイドコイル3と、検出用ソレノイドコイル4とを主要な要素とする。トルクセンサシャフト2は、応力（歪）に応じてその磁氣的性質が変化する磁歪部5および、トルクセンサシャフト2と他の動力伝達軸（図示しない）とを連結するための嵌合部6を有する。

15 磁歪部5は、トルクセンサシャフト2の中心軸に対して約45°傾けた溝（図示しない）を、トルクセンサシャフト2の全周に亘り所定間隔をもって設けることによって形成することができる。なお、トルクセンサシャフト2は、トルクセンサシャフト2の中心軸に対して互いに逆方向に傾いた溝によって形成された磁歪部5の組を1組以上備えると好ましい。

20 以上の構成により形状磁気異方性を有する磁歪部5は、応力に応じてその透磁率を変化させる。なお、中心軸に対して45°とは、ねじり荷重に対してトルクセンサシャフト表面の引張り方向の応力および圧縮方向の応力が最大となる方向であり、この方向に溝を形成することで、最も効率よくトルクセンサシャフト表面の引張り応力または圧縮方向の応力を検出できる。

25 なお、必要に応じて溝部に高周波焼入れおよびショットピーニング等を施して高透磁率部分を形成し磁気特性の調整を行うと好ましい。

励磁手段である励磁用ソレノイドコイル3は前記磁歪部5を覆うように配置し、これに交流磁場を与える。検出手段は検出用ソレノイドコイル4と電子回路（図示しない）を含み、検出用ソレノイドコイル4も前



記磁歪部 5 を覆うように配置する。

ここで、励磁用ソレノイドコイル 3 により前記磁歪部 5 に沿うように磁力線を流す。前述のように、トルクセンサシャフト 2 に応力がかかると、磁歪部 5 はその透磁率を変化させるが、この磁気的変化を検出用ソ  
5 レノイドコイル 4 によって検出することができる。

なお、トルクセンサシャフト 2 の磁気異方性部分である磁歪部 5 は、励磁用ソレノイドコイル 3、検出用ソレノイドコイル 4 等と共に、外部の磁気の影響を遮蔽するアルミ製のセンサケース 7 に内包する。

ここで、図 3 は、図 2 A 線における、トルクセンサシャフトの模式的  
10 な断面図である。図 3 に示すように、嵌合部 6 に磁力線を遮蔽するはたらきを持つ、残留オーステナイトを含む常磁性層 8 を存在させる。これは、トルクセンサシャフト 2 の磁歪検出部を除く少なくとも嵌合部 6 を浸炭処理することにより表面から内部に向かって残留オーステナイトを含む層を生成することができる。面心立方格子であるオーステナイトは、  
15 常磁性体であるため、この残留オーステナイトで磁気シールドを行うことができる。

ここで、トルクセンサシャフト 2 を強磁性体である構造用鋼にすることにより、廉価で加工性の良い構造用鋼の使用が可能となり、同時に、トルクセンサシャフト 2 自体を構造用鋼とすることで、トルクセンサシ  
20 ャフト 2 の物理的強度を高くすることができる。

ここで、常磁性層 8 を設ける範囲は、トルクセンサシャフト 2 のうち、少なくとも嵌合部 6 を含み、好ましくはセンサケース 7 に内包されていない部分を含む。しかし、トルクセンサシャフト 2 自体を強磁性体とした場合、オーステナイトでは磁歪特性がでないため、磁気異方性部分で  
25 ある磁歪部 5 に浸炭処理をしてはならない。このため、浸炭処理時には磁歪部 5 には防炭処理を施し、浸炭処理後に溝加工等の各種処理をおこなうと好ましい。防炭処理は Cu でのメッキ処理等により行うことができる。なお、Cu メッキは機械加工あるいは酸で取り除くことができる。

ここで、図 4 は残留オーステナイト量と中点変動の関係を示したもの

である。図4が示すように、残留オーステナイトの量が10容量%を超えると磁気シールド効果が現われ始め、中点変動量が減少する。特に、残留オーステナイトの量が50容量%を超えると、特に中点変動量が減少する。

5      ここから、常磁性層を残留オーステナイトにより設ける場合は、残留オーステナイトの量が10容量%より多いと好ましく、50容量%以上であるとさらに好ましいことが分かる。上記の浸炭処理において、残留オーステナイトの量が10容量%より多い、好ましくは50容量%以上となるように、カーボンポテンシャル等の諸条件を設定すると好ましい。

10      ここで、図5はFe-C系合金をオーステナイト域より水中に焼入れた場合の残留オーステナイト生成量の関係を示したものである。炭素含有量が増すにつれて残留オーステナイト量が2次曲線的に増加する。

また、図6はFe-C-Ni系合金をオーステナイト域より油中に焼入れた場合の、鉄鋼のニッケル含有量、炭素含有量と残留オーステナイト生成量の関係を示したものである。ニッケルはMs点(マルテンサイト変態開始温度)およびMf点(マルテンサイト変態終了温度)を著しく低下させる元素であるため、浸炭焼入れの際に炭素と共存することで残留オーステナイトの生成を著しく増加させる。図6が示すように、炭素とニッケルが共存する場合、両元素の相互作用により、炭素含有量の増加あ  
15      るいはニッケル含有量の増加につれて、残留オーステナイト生成量が飛躍的に増加する。特に炭素含有量を高くすることで少ないニッケル含有量でも十分な量の残留オーステナイトが得られる。

上記のように、残留オーステナイトの量が10容量%より多いと好ましいが、トルクセンサシャフト本体に用いる強磁性体中の適当な炭素含  
25      有量、ニッケル含有量を選択することで、残留オーステナイトの量を10容量%より多くし、効果的に中点変動を抑制することが可能となる。具体的には、浸炭によるカーボンポテンシャルは0.8重量%以上とすると同時にトルクセンサシャフト本体に用いる強磁性体のニッケル含有量は3重量%以上とすると好ましい。ただし、ニッケル含有量が30重

量%を越えると鋼材自体がオーステナイト鋼となり、磁歪性が得られないため、ニッケル含有量は30重量%が上限である。

以上のように、3重量%～30重量%のニッケルを含有する強磁性体を用いると、残留オーステナイトの生成が促進され、効果的に中点変動を抑制することが可能となる。例えば、強磁性体として、JIS SNCM815、マルエージング鋼等の含ニッケル鋼等が利用できるが、これらに限定されるものではない。上記のように、ニッケルを鋼に添加すると、その量につれて、浸炭処理時の残留オーステナイトの生成量が多くなる。さらに、浸炭処理におけるカーボンポテンシャルを高めることで残留オーステナイト量を増すことができる。また、焼入れ温度が高い程、またMs点(マルテンサイト変態開始温度)付近の冷却速度が遅い程、残留オーステナイト量が増す。

なお、浸炭処理は、例えば、図7に模式的に示す、以下の工程により行うことができる。ただし、これに限定されるものではない。

1. トルクセンサシャフト2を炉に挿入し、1～2時間かけて、920～950℃に昇温し、30～60分間保持し、均熱化を行う。

2. 炉内のカーボンポテンシャルが1.0～1.2重量%になるように浸炭用ガスを浸炭炉に導入する。

3. そのままの温度で3～6時間保持することで浸炭および拡散を行い、シャフト表面から500μmの厚さまでの炭素量を0.8重量%以上とする。このときのカーボンポテンシャルが常に1.0～1.2重量%となるようにセンサで測定、混合ガスの制御を行う。

4. 840～860℃に降温後10～30分間保持し、120～150℃の油中に投入して焼入れを行う。

5. 150～200℃で2～4時間保持し、焼き戻しを行う。

ここで、前記浸炭用ガスとしては、メタノール、プロパン、炭酸ガス( $\text{H}_2\text{CO}_3$ )、メタン( $\text{CH}_4$ )、ブタン( $\text{C}_4\text{H}_{10}$ )等の炭化水素と $\text{CO}_2$ 、 $\text{CO}$ 、 $\text{H}_2$ 、 $\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{NH}_3$ 、 $\text{N}_2$ 、Ar等を混合してなるガスが好ましい。

なお、常磁性層 9 の厚さは、好ましくは  $300\mu\text{m}$  以上、さらに好ましくは  $500\mu\text{m}$  以上である。一般に、磁歪式ソレノイドコイルでは高い励磁周波数（約  $40\text{Hz}$ ）の磁力線が使用される。このような高い励磁周波数の磁力線はセンサシャフト表面層（約  $300\mu\text{m}$ ）のみを流れることが知られている。従って、浸炭処理により、 $300\mu\text{m}$  以上の常磁性層 9 を設けることで、十分な磁気シールド層を形成させることが可能である。

#### [実施例]

以下に、本発明の実施例について説明する。

- 10 Ni 含有量が  $4.00\sim 4.50$  重量%である JIS SNCM815 合金鋼(成分組成を表 1 に示す)丸棒から、所定寸法の棒状体を旋削により形成した。

表 1 SNCM815 成分組成 (重量%)

| C    | Si   | Mn   | Ni   | Cr   | Mo   | P    | S     | Cu   |
|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|
| 0.14 | 0.26 | 0.41 | 4.07 | 0.77 | 0.15 | 0.09 | 0.007 | 0.08 |

15

磁気異方性部を形成する部位には Cu メッキにより防炭を施した。両端部には転造を施して嵌合部構造となるセレーションを形成した後、以下のように浸炭焼入れを行った。

- 20 まず、トルクセンサシャフトを炉に挿入し、 $930^{\circ}\text{C}$  に昇温し、この温度に 30 分間保持することで、均熱化を行った。次に、炉内のカーボンポテンシャルが  $1.2$  重量%になるようにメタノール、プロパン、炭酸ガスを混合したガスを浸炭炉に導入した。そのまま  $930^{\circ}\text{C}$  で 4 時間保持することで浸炭および拡散を行った。このときのカーボンポテンシャルが常に  $1.2$  重量%となるように酸素センサで測定、混合ガスの制御を行った。次に、 $850^{\circ}\text{C}$  に降温後 15 分間保持し、 $130^{\circ}\text{C}$  の油中に投入して焼入れを行った。最後に、 $180^{\circ}\text{C}$  で 2 時間保持し、焼き戻しを行った。
- 25

この、浸炭処理により、残留オーステナイトを、体積比で50%以上、表面から500 $\mu$ mの厚さで形成させた。

次に防炭部のCuメッキを機械加工により除去した後、転造加工により中央部表面には中心軸から45°傾いた溝（磁気異方性部分）を対向して形成した。ヒステリシスや非直線性改善のため、磁気異方性部に高周波焼入れを施した後、ショットピーニングを施した。ショットピーニングはアークハイト値0.25mmA、粒径0.25mmの条件で行った。

このトルクセンサシャフトにソレノイドコイル、電気回路を内包するアルミ製ケースを組み付けてトルクセンサを構成した。このセンサの諸元は定格10N・m、定格トルクにおける出力電圧1V（0.1V/N・m）である。表2に示すように、トルクセンサとしての基本性能（出力感度、ヒステリシス、非直線性）としては、常磁性層を形成したトルクセンサシャフトは常磁性層のないタイプのトルクセンサシャフトと比べても遜色ない性能を確保している。

表2 常磁性体の有無とトルクセンサ性能

|                        | 出力感度<br>[mV/kgf・cm] | ヒステリシス<br>[%FS] |         | 非直線性<br>[%FS] |         | 強磁性体<br>接近による<br>中点電<br>圧変動 |
|------------------------|---------------------|-----------------|---------|---------------|---------|-----------------------------|
|                        |                     | Cw              | ccw     | cw            | ccw     |                             |
| 従来<br>タイプ              | 11.4                | -0.6665         | -0.6862 | 0.3223        | -0.6194 | 20mV                        |
| 残留オーステナイトによる<br>磁気シールド | 11.4                | 0.5132          | 0.4993  | 0.4936        | -0.53   | 6mV                         |

そして、アルミ製ケースから露出したトルクセンサシャフトの表面部分には残留オーステナイトによる常磁性層が形成されているため、トルクセンサシャフトを強磁性体の構造用合金鋼からなるステアリングシャフトと嵌合した際の中点変動を20 mVから6 mVに抑制することができた。この結果、センサ嵌合時の中点調整を省略できると同時に、トルク検出感度が高まりモータによるアシスト量を最適化することができ、ハンドリング操作のフィーリングが向上した。また、定格トルクの15倍である150 N・mの過大トルクを付加しても、センサ性能に劣化は認められなかった。

#### 10 産業上の利用の可能性

上記したところから明らかなように、本発明は、磁歪式トルクセンサ用のトルクセンサシャフトであって、トルク検出の精度および物理的強度を損なわずに、磁氣的にシールドされたトルクセンサシャフトを廉価に提供することを可能とする。

15 つまり、浸炭処理により動力伝達軸との嵌合部に磁気を遮断する効果のあるオーステナイト層を形成させることで中点変動を抑制することが可能となり、中点調整の省略と検出感度を高めることができる。また、熱処理により磁気シールド効果を有するオーステナイト層を任意の部位に形成させることができるため、ヒステリシスや非直線性に起因する検  
20 出感度安定性や、定格トルクに対する過負荷特性に優れる、構造用鋼をセンサシャフトとして使用することができる。また、熱処理により必要な部位のみに磁気シールド効果を有するオーステナイト層を形成させることで、高価なCrやNiを多く含むオーステナイト系合金を使用する必要はなく、安価かつ高性能なトルクセンサを供給することができる。

## 請求の範囲

1. 磁歪検出部と動力伝達軸との嵌合部とを含む磁歪式トルクセンサシャフトであって、上記トルクセンサシャフトが磁歪材料を含んでなり、上記磁歪検出部を除く少なくとも上記嵌合部の表面に、残留オーステナイトの含有量が10容量%より多い常磁性層を備えた磁歪式トルクセンサシャフト。
2. 前記残留オーステナイトの前記常磁性層中の含有量が、50容量%以上である請求項1に記載の磁歪式トルクセンサシャフト。
3. 前記常磁性層の厚さが、300 $\mu$ m以上である請求項1または請求項2に記載の磁歪式トルクセンサシャフト。
4. 前記トルクセンサシャフトが、強磁性体を含んでなる請求項1～3のいずれかに記載の磁歪式トルクセンサシャフト。
5. 前記強磁性体が、3重量%～30重量%のNiを含有する請求項4に記載の磁歪式トルクセンサシャフト。
6. 請求項1～5のいずれかに記載の磁歪式トルクセンサシャフトを含む磁歪式トルクセンサ。
7. 磁歪検出部と動力伝達軸との嵌合部とを含む磁歪式トルクセンサシャフトの製造方法であって、上記磁歪検出部を除く少なくとも上記嵌合部の表面に浸炭処理を施すことにより、残留オーステナイトを含む常磁性層を形成する磁歪式トルクセンサシャフトの製造方法。
8. 前記浸炭処理のカーボンポテンシャルが、0.8重量%以上である請求項7に記載の磁歪式トルクセンサシャフトの製造方法。
9. 前記浸炭処理に先立って前記磁歪検出部に防炭処理を行い、前記浸炭処理の後に、防炭処理部を除去することにより磁歪検出部表面に磁歪材料を露出させる請求項7または請求項8に記載の磁歪式トルクセンサシャフトの製造方法。

## 補正書の請求の範囲

[2003年10月1日(01.10.03)国際事務局受理：出願当初の請求の範囲2は取り下げられた；出願当初の請求の範囲1, 3, 4, 6及び7は補正された；他の請求の範囲は変更なし。(2頁)]

1. (補正後) 磁歪検出部と動力伝達軸との嵌合部とを含む磁歪式トルクセンサシャフトであって、上記トルクセンサシャフトが磁歪材料を含んでなり、上記磁歪検出部を除く少なくとも上記嵌合部の表面に、残留オーステナイトの含有量が50容量%以上である常磁性層を備えた磁歪式トルクセンサシャフト。
2. (削除)
3. (補正後) 前記常磁性層の厚さが、300 $\mu$ m以上である請求項1に記載の磁歪式トルクセンサシャフト。
4. (補正後) 前記トルクセンサシャフトが、強磁性体を含んでなる請求項1または請求項3に記載の磁歪式トルクセンサシャフト。
5. 前記強磁性体が、3重量%～30重量%のNiを含有する請求項4に記載の磁歪式トルクセンサシャフト。
6. (補正後) 請求項1、3～5のいずれかに記載の磁歪式トルクセンサシャフトを含む磁歪式トルクセンサ。
7. (補正後) 磁歪検出部と動力伝達軸との嵌合部とを含む磁歪式トルクセンサシャフトの製造方法であって、3重量%～30重量%のNiを含有する上記トルクセンサシャフトの上記磁歪検出部を除く少なくとも上記嵌合部の表面に浸炭処理を施すことにより、残留オーステナイトを含む常磁性層を形成する磁歪式トルクセンサシャフトの製造方法。
8. 前記浸炭処理のカーボンポテンシャルが、0.8重量%以上である請求項7に記載の磁歪式トルクセンサシャフトの製造方法。
9. 前記浸炭処理に先立って前記磁歪検出部に防炭処理を行い、前記浸炭処理の後に、防炭処理部を除去することにより磁歪検出部表面に磁歪材料を露出させる請求項7または請求項8に記載の磁歪式トルクセンサシャフトの製造方法。



条約 19 条 (1) に基づく説明書

請求項 1 は、補正前の請求項 1 に、補正前の請求項 2 の内容を組み合わせたものです。

請求項 7 は、補正前の請求項 7 に、補正前の請求項 5 に対応する内容を組み合わせたものです。

FIG.1

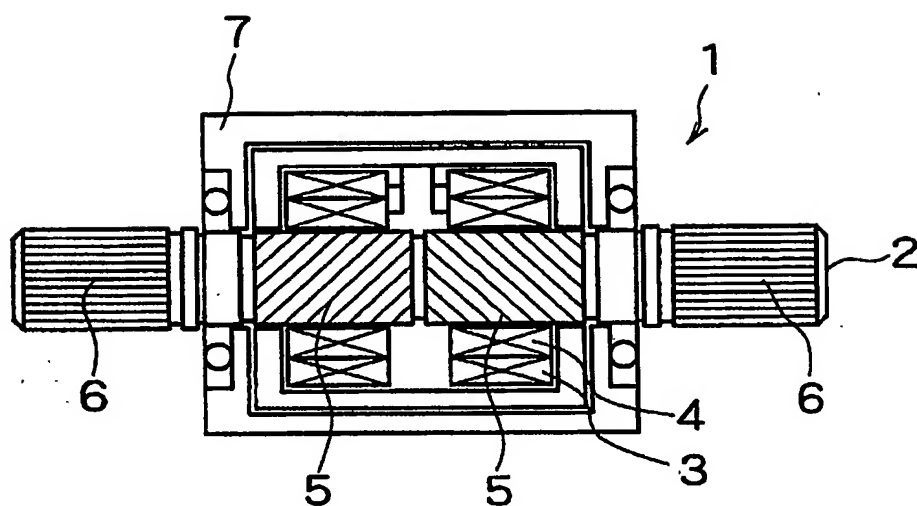
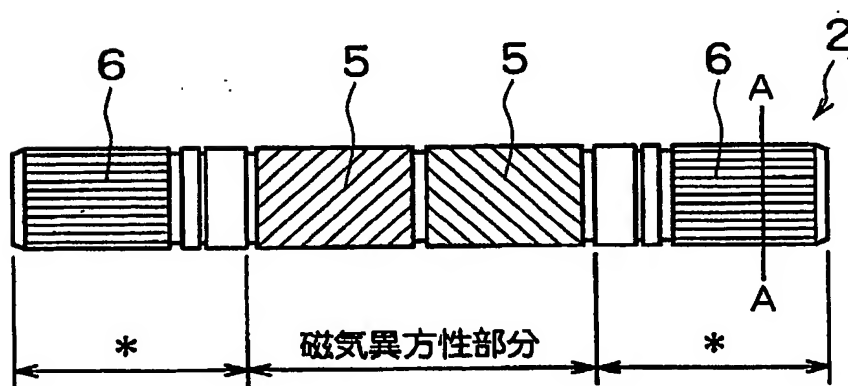


FIG.2



\* : 常磁性体形成部分

FIG.3

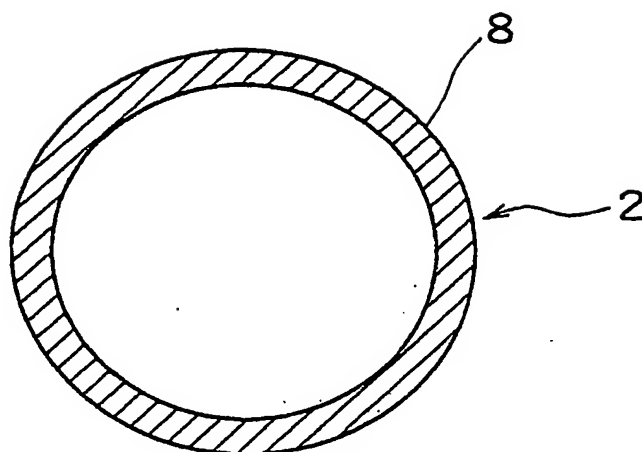
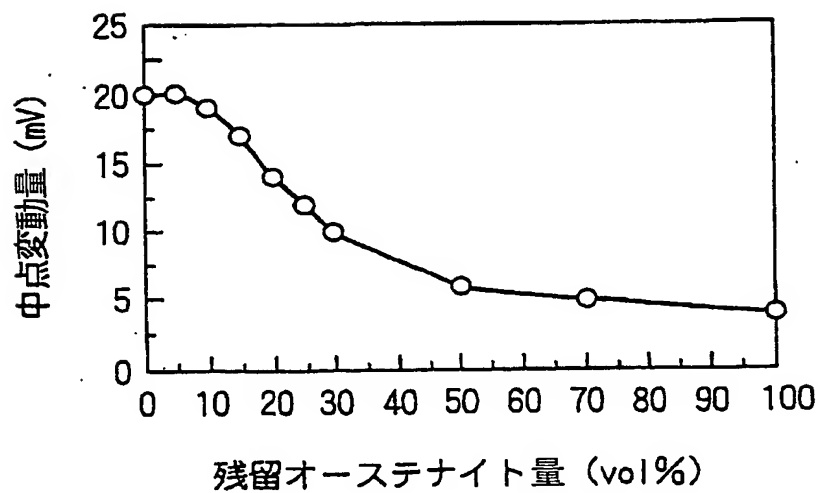


FIG.4



3/4

FIG.5

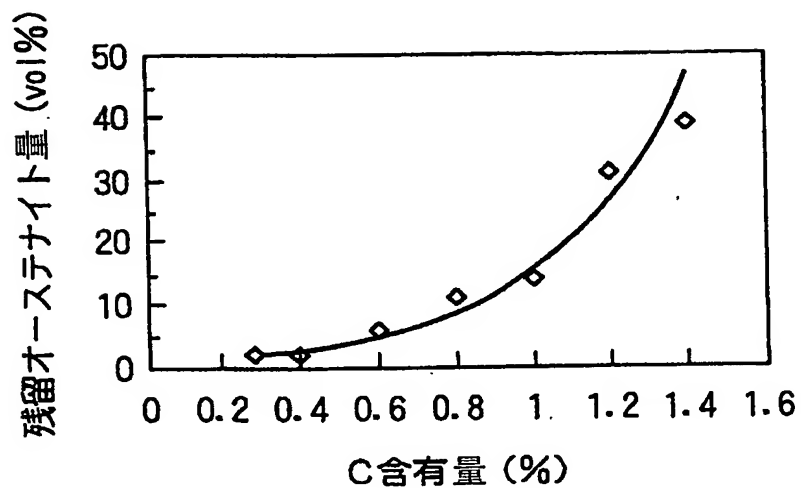


FIG.6

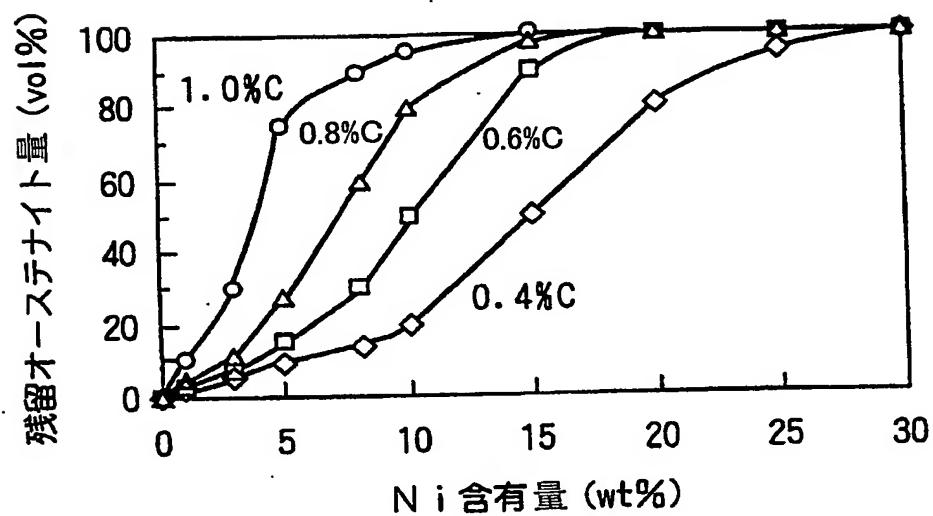
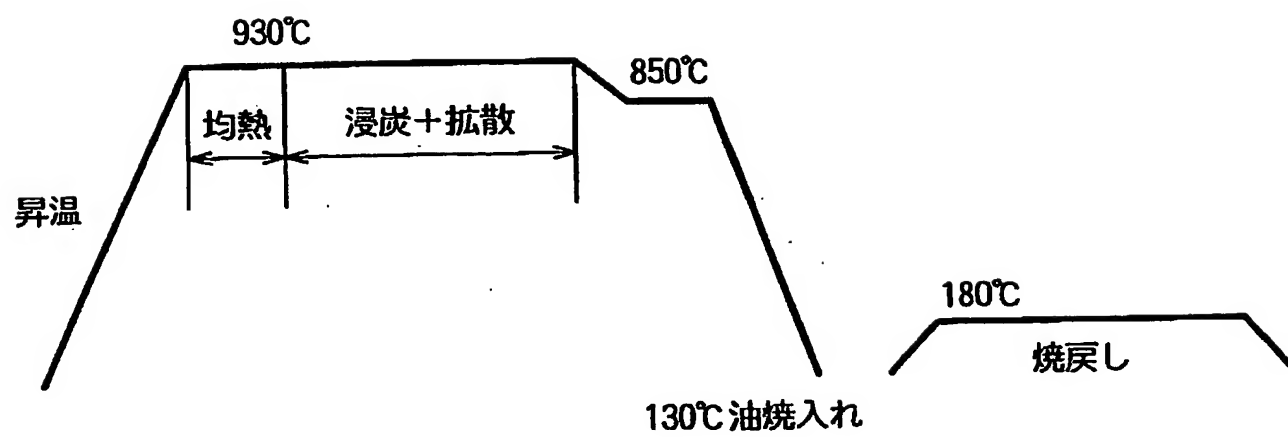


FIG.7



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.  
PCT/JP03/05166

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>7</sup> G01L3/10

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
Int.Cl<sup>7</sup> G01L3/10

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched  
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2003  
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2003 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                          | Relevant to claim No. |
|-----------|---|-----------------------|
| A         | JP 2566640 B2 (Kubota Corp.),<br>25 December, 1996 (25.12.96),<br>Full text; all drawings<br>(Family: none) | 1-9                   |
| A         | JP 2781071 B2 (Kubota Corp.),<br>30 July, 1998 (30.07.98),<br>Full text; all drawings<br>(Family: none)     | 1-9                   |
| A         | JP 3264471 B2 (Komatsu Ltd.),<br>11 March, 2002 (11.03.02),<br>Full text; all drawings<br>(Family: none)    | 1-9                   |

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

|  |  |
|--|--|
| *<br>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance<br>"E" earlier document but published on or after the international filing date<br>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)<br>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means<br>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed | "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention<br>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone<br>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art<br>"&" document member of the same patent family |
|--|--|

Date of the actual completion of the international search  
17 July, 2003 (17.07.03)

Date of mailing of the international search report  
05 August, 2003 (05.08.03)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

**BEST AVAILABLE COPY**

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/05166

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category*           | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages  | Relevant to claim No. |
|---------------------|---|-----------------------|
| A                   | US 2001/0029791 A1 (Nobuhiro SEZAKI),<br>18 October, 2001 (18.10.01),<br>Full text; all drawings<br>& JP 2001-296193 A<br>Full text; all drawings<br>& DE 10118153 A1 | 1-9                   |
| BEST AVAILABLE COPY |   |                       |

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> G 0 1 L 3 / 1 0

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> G 0 1 L 3 / 1 0

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

|             |            |
|-------------|------------|
| 日本国実用新案公報   | 1922-1996年 |
| 日本国公開実用新案公報 | 1971-2003年 |
| 日本国実用新案登録公報 | 1996-2003年 |
| 日本国登録実用新案公報 | 1994-2003年 |

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

| 引用文献の<br>カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示   | 関連する<br>請求の範囲の番号 |
|-----------------|---|------------------|
| A               | J P 2 5 6 6 6 4 0 B 2 (株式会社クボタ)<br>1 9 9 6 . 1 2 . 2 5 全文, 全図 (ファミリーなし)   | 1 - 9            |
| A               | J P 2 7 8 1 0 7 1 B 2 (株式会社クボタ)<br>1 9 9 8 . 0 7 . 3 0 全文, 全図 (ファミリーなし)   | 1 - 9            |
| A               | J P 3 2 6 4 4 7 1 B 2 (株式会社小松製作所)<br>2 0 0 2 . 0 3 . 1 1 全文, 全図 (ファミリーなし) | 1 - 9            |

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献  
「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

1 7 . 0 7 . 0 3

国際調査報告の発送日

05.08.03

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

松浦 久夫



2 F

9 6 1 3

電話番号 03-3581-1101 内線 3216



| C (続き) . 関連すると認められる文献 |  |                  |
|-----------------------|--|------------------|
| 引用文献の<br>カテゴリー*       | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示  | 関連する<br>請求の範囲の番号 |
| A                     | US 2001/0029791 A1 (Nobuhiro Sezaki)<br>2001. 10. 18 全文, 全図<br>& JP 2001-296193 A 全文, 全図<br>& DE 10118153 A1 | 1 - 9            |